



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 35 166 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 41 35 166.5  
㉑ Anmeldetag: 24. 10. 91  
㉒ Offenlegungstag: 7. 5. 92

㉓ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**C 02 F 9/00**  
C 02 F 1/469  
C 02 F 1/44  
C 02 F 1/42  
C 02 F 1/78  
C 02 F 1/32

DE 41 35 166 A 1

㉔ Unionspriorität: ㉕ ㉖ ㉗  
30.10.90 IT 21920 /90

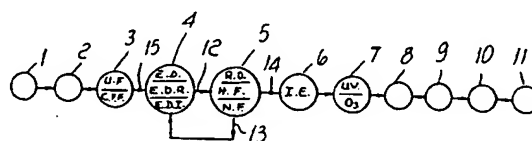
㉘ Anmelder:  
Ionics Italba S.p.A., Mailand/Milano, IT

㉙ Vertreter:  
Schaumburg, K., Dipl.-Ing.; Thoenes, D., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat.; Englaender, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte,  
8000 München

㉚ Erfinder:  
Ciallie', Franco, Segrate, IT; Campolo, Giuseppe,  
Mailand/Milano, IT

㉛ Verfahren und Einrichtung zum Reinigen von Wasser

㉜ Die Einrichtung betrifft ein System zur Erzeugung von entsalztem oder ultrareinem Wasser unter Verwendung einer Kombination von wenigstens zwei Membraneinheiten bzw. -prozessen, nämlich zur Elektrodialyse (ED, einschließlich der Variante EDR mit Umkehrung und der Variante EDI mit nachgefüllten Kammern), gefolgt von der Umkehrosmose (RO), einschließlich einer Nanofiltration, wobei die Einheiten in einer Reihenkonfiguration angeordnet sind, in der jede Membraneinheit das Wasser weiter reinigt, bis der geforderte Reinheitsgrad erreicht ist. Die Behandlung wird verbessert, indem wenigstens ein Teil der Rückstandesole aus der Umkehrosmose (RO) als Zustrom (13) für die Elektrodialyseeinheit (ED) verwendet wird. Dieser Rückständestrom (13) wird verwendet, um Wasser im Gesamtprozeß zu sparen.



DE 41 35 166 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ganz allgemein die Behandlung von Wasser, insbesondere die Erzeugung von reinem oder ultrareinem entsalzten Wasser unter Verwendung einer Kombination von Verfahren, die auf der Verwendung von Membranen beruhen, das heißt vereinfacht in der Kombination von wenigstens einem Elektrodialyseverfahren und einem Umkehrosmostechnik. Darüberhinaus betrifft die Erfindung eine Reinigungstechnik, bei welcher der am Ausgang der Umkehrosmosteinheit anfallende Rückstandstrom nochmals genutzt wird, indem er in die Elektrodialyseeinheit zurückgeführt wird, anstatt ihn in die Kanalisation zu leiten, wie das normalerweise bei den Verfahren nach herkömmlichem Konzept vorgesehen ist.

Außerdem wird vom Erfindungsbereich auch eine Einrichtung zum Durchführen des beschriebenen Verfahrens umfaßt.

Die in jüngster Zeit erreichten technologischen Fortschritte haben praktisch die Verfügbarkeit von reinem oder ultrareinem Wasser für zahlreiche industrielle und wissenschaftliche Anwendungen, wie beispielsweise auf dem Gebiet der Energieerzeugung, unentbehrlich gemacht. Wenn auch Reinigungsanlagen der oben beschriebenen Konzeption schon in der Lage sind, Wasser mit Eigenschaften zu erzeugen, die weitgehend die derzeitigen Forderungen erfüllen, so haben die dabei verwendeten Methoden doch noch erhebliche Nachteile. Insbesondere hat eine bekannte Methode, die vorsieht, Filtermittel bzw. Filterpatronen zu verwenden, worauf sich ein Umkehrosmostechnik (R.O.) und eine Ionenaustauschbehandlung mit vor Ort zu regenerierendem Doppel- bzw. Mischbett anschließt, folgende negative Aspekte:

- a) die Notwendigkeit häufiger Gegenstromspülungen der Filtermittel oder häufigen Austausches der Filterpatronen;
- b) Bakterienbildung in den Filtermitteln;
- c) die Notwendigkeit chemischer Behandlung und der Entsorgung von Rückständen nach der Vor-Ort-Erneuerung der Ionenaustauschharze; und vor allem
- d) die Notwendigkeit, chemische Produkte zuzugeben, um das Wasser zu säuern und/oder auf andere Weise vorzubehandeln, bevor es der Umkehrosmostechnik unterworfen wird.

Eine frühere Methode der Wasserbehandlung unter Verwendung mobiler Einheiten, die ausschließlich Ionenaustauschssäulen enthielten, ist in den US-Patentschriften 42 80 912, 37 66 060, 41 88 291, 43 32 685 und weiteren Schriften beschrieben. Eine andere bekannte Behandlungsmethode verwendet die Elektrodialyse vor dem Ionenaustausch, wobei die Endreinigung des so behandelten Wassers mittels einer Ultrafiltrationseinheit mit Hohlfasern durchgeführt wird (Zmolek, C.R. "Ultra-pure Water for Integrated Circuits Processing", in Industrial Water Engineering, Dezember 1977). Dennoch hat keine der oben angegebenen Methoden die hier beschriebene Behandlungsmethode zum Gegenstand, die gegliedert ist in eine Elektrodialyse gefolgt von einer Umkehrosmostechnik in Verbindung mit einem speziellen Rückgewinnungssystem, womit eine beispiellose Verbesserung des Gesamtprozesses sichergestellt wird. Bei der neuen Anordnung wird der salzhaltige Rückstandstrom, welcher die Umkehrosmosteinheit verläßt, ge-

sammelt, indem man ihn in die Salzanreicherungskammern, die Verdünnungskammern und/oder die Elektrodialyseeinheiten zurückleitet, die die Elektrodialyseeinheit bilden, bevor er in die Kanalisation entlassen wird.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Anlage zur Wasserbehandlung zu schaffen, die auf ökonomische Weise gereinigtes Wasser über lange Zeitperioden erzeugen kann, ohne daß bei dem Verfahren häufige Gegenstromspülungen, Filterwechsel, Zugaben von Reagenzien erforderlich sind, ein übermäßiger Wasserverlust am Ausgang auftritt oder weitere Wartungsvorgänge nötig sind.

Ein weiterer Zweck, der mit der Erfindung erreicht werden soll, wird darin gesehen, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, um die organischen Substanzen zu trennen und ein biologisch reines Wasser zu erzeugen, welches durch einen spezifischen elektrischen Widerstand gekennzeichnet ist, welcher in der Größenordnung von 17 bis 18 Megaohm/cm bei 25°C liegt.

Schließlich soll mit der vorliegenden Erfindung eine Anlage für die Wasserreinigung geschaffen werden, die eine Kombination oder eine Reihe einzelner, an eine Wasserleitung oder eine andere Anlage zur Wasserversorgung angeschlossener Elemente umfaßt und die dazu dient, das Wasser einer Reinigungsbehandlung zu unterziehen und gleichzeitig die Abwasserverluste zu reduzieren. Gemäß der vorliegenden Erfindung besteht eine derartige Anlage zumindest aus zwei Systemen zur Behandlung mittels Membranen, nämlich einer Elektrodialyseanlage (ED, auch in den Varianten mit Umkehrung "EDR" und mit Nachfüllen der Kammern "EDI") sowie einer Umkehrosmostechnik (RO), auch nach Art der Nanofiltration (NF), die in Serie mit Mitteln geschaltet sind, welche es ermöglichen, den salzhaltigen Rückstandstrom der RO als Speisestrom für die Elektrodialyseeinheit zu verwenden. (Es sei daran erinnert, daß das RO gelegentlich als Hyperfiltration oder abgekürzt IF bezeichnet wird.) Der gesamte Komplex kann mit anderen Elementen integriert werden, um die gewünschten endgültigen Eigenschaften des Wassers zu erreichen, beispielsweise: eine Ultrafiltrationseinrichtung, eine Cross-Flow-Filtrationseinrichtung, Ionenaustauschbetten, Ozonerzeuger und/oder Ultraviolettstrahlungsquellen (UV) zur Vernichtung von Mikroorganismen im Augenblick der Verwendung des Produktes. Die oben beschriebene Reinigungsanlage kann bei Bedarf einfach in einem Container oder auf einem Sattelschlepper montiert sein, um sie bequem an den Platz ihrer Verwendung transportieren zu können. Wenn der Komplex einmal mit dem Anschluß für die elektrische Energieversorgung, das Speisewasser, das rückstandshaltige Wasser und das gereinigte Wasser verbunden ist, dann kann er Wasser liefern, welches entsprechend den Anforderungen beinahe aller Abnehmer und Verbraucher behandelt ist.

Die Vorteile der Erfindung sind im folgenden aufgeführt:

- a) die Einheit bzw. Einrichtung für die Ultrafiltration oder für die Cross-Flow-Filtration (mit sich kreuzenden Strömen) gewährleistet eine weit effektivere Vorbehandlung verglichen mit herkömmlichen Filtern mit losen oder in Patronen angeordneten Filtermitteln. Wegen der äußerst kleinen Abmessungen der Poren der UF-Membranen (von 0,002 bis 0,02 Mikron) ist die Ultrafiltration ohne weiteres vorzuziehen; sie dient nicht nur zum Abscheiden der Schwebeteilchen sondern auch zum

Reduzieren des bakteriellen Verschmutzungsgrades des zu behandelnden Wassers. Das sind die spezifischen Vorteile, die man erhält, wenn man sich in der Vorbehandlung stationär stromauf der Membranverfahren einer UF-Behandlung oder einer Cross-Flow-Filtration bedient anstelle von Filtern mit losen und/oder in Patronen aufgenommenen Filtermitteln. Die losen Filtermittel können sich verschieben, auseinanderfallen oder ein üppiges Wachstum mikrobiologischer Arten begünstigen. Andererseits können die Filter mit eingefaßten Filterelementen bei momentanem Überdruck bersten, infolge einer Fehlmontage umgangen oder durch Festkörper, die sich während eines Wechsels der Filterelemente gelöst haben, unwirksam werden.

b) Die Elektrodialyseeinheit oder -einrichtung kann, außer daß sie den Anteil aller gelösten Feststoffe (SDT) absenkt, auch den pH-Wert des Wassers reduzieren und so dessen Säuregehalt erhöhen (man zieht vorzugsweise einen Bereich des pH-Wertes von 4 bis 6,8 in Betracht) und auf diese Weise die Notwendigkeit von Säurezugaben von außen ausschließen, bevor das Wasser der Umkehrosrosebehandlung unterzogen wird. In dem gesamten Komplex der Reinigungsanlage wirkt die Elektrodialyseeinheit als primäre Entmineralisierungseinrichtung.

Während der Entsalzungsbehandlung mittels Elektrodialyse können sich bei im Verhältnis zum Salzgehalt des zu entmineralisierenden Wassers "Polarisationsfilme" an den Innenflächen der Membrane bilden, die die Entmineralisierungskammern begrenzen. Gewöhnlich tritt dieses Phänomen auf, wenn das behandelte Wasser einen geringen Grad der Gesamtmenge loser Teilchen aufweist und die verwendete Stromdichte so ist, daß die in den im direkten Kontakt mit den Membranflächen stehenden Wasserschichten enthaltenen Ionen verbraucht werden; auf diese Weise wird der eingeleitete Strom nach und nach durch die Ionen des Wasserstoffs und Hydroxyles, die sich in der verarmten Schicht infolge des Zerfalls der Wassermoleküle gebildet haben, transportiert. In der Regel ist diese Aufspaltung des Wassers sehr viel intensiver im Bereich der anionischen Membranen, was ein Grund dafür ist, daß die auf diesen niedergeschlagenen Hydroxylionen mit negativer Ladung durch diese Membranen leicht hindurchgehen und in die benachbarten Konzentrierungskammern gelangen. Andererseits können die so erzeugten Wasserstoffionen mit positiver Ladung nicht durch die anionische Membran hindurchtreten, so daß sie dazu neigen, sich in der Entmineralisierungskammer zu sammeln, so daß eine Erhöhung des Säuregehaltes des stromabwärtigen Wasserstromes auftritt. Diese "natürliche" Erhöhung des Säuregehaltes wird von der vorliegenden Erfindung auf neue Weise ausgenutzt, indem vor der nachfolgenden Umkehrosrosebehandlung des teilweise entmineralisierten Produktes keinerlei Zugabe von Säure aus einer externen Quelle mehr vorgesehen ist. Die Polarisierungseffekte sind grundlegend in einem Artikel mit dem Titel "Limiting Current in Membrane Cells", erschienen in Industrial & Engineering Chemistry Vol. 49 p.780 April 1957, untersucht worden.

Die Vorteile des ED-Verfahrens als Vorbehandlungssystem für das RO-Verfahren sind folgende:

1. Der den Konzentrierungskammern von den Elektroden und/oder Entmineralisierungseinrich-

tungen der ED-Einheit zufließende Wasserstrom kann wenigstens teilweise aus dem salzhaltigen Rückstandstrom der RO-Einheit gewonnen werden. Indem auf diese neue Weise der Rückstandstrom genutzt wird, bevor dieser in die Kanalisation abgelassen wird, spart man bei diesem Verfahren das Wasser zusammen mit den Wasserstoffionen.

2. Das Bikarbonat und die Härte können eliminiert werden, ohne daß man chemische Zugaben verwenden muß. Der Langelier-Index des aus einer ED-Einheit austretenden Wassers ist im allgemeinen geringer als der des zufließenden Wassers und erreicht oft ein negatives Vorzeichen. Demnach kann das von einer ED-Einheit erzeugte Wasser fast immer in die RO-Einheit ohne die üblichen chemischen Zusätze eingespeist werden.

3. Die ED-Vorbehandlung stromaufwärts der RO-Einrichtung macht die Einbeziehung einer Entgangseinrichtung, womit in bekannter Weise die Notwendigkeit eines Zurückpumpens sowie das Risiko einer Kontamination verbunden sind, überflüssig.

4. Die Ergiebigkeit einer ED-Einheit leidet nicht merklich unter der niedrigen Temperatur, auch wenn sich daraus ein verringerter Entmineralisierungsgrad ergeben kann. Im allgemeinen reagiert die RO auf ein Absenken der Temperatur entgegengesetzt, d. h. sie hat eine verringerte hydraulische Ergiebigkeit, während der Rückstandsgrad im wesentlichen unverändert bleibt. Daher gewährleistet eine Kombination der beiden Prozesse eine bessere allgemeine Aufrechterhaltung der qualitativen und quantitativen Bedingungen im Falle von Temperaturänderungen.

Unter anderem reduziert die Umkehrosrose (RO) den Gehalt an Mineralien (TDS) des Wassers und kann nach Wunsch mit einer Endbehandlung durch Ionenaustausch durchgeführt werden zu dem Zweck, extrareines Wasser zu erhalten. Nachdem das so erhaltene Wasser (Durchlaufprodukt), welches aus der RO-Behandlung hervorgeht, noch einen äußerst geringen Gehalt an gelösten Salzen (Ionen) haben kann, kann eine weitere Behandlung mittels Ionenaustauschharzen durchgeführt werden, wobei diese über eine lange Zeitspanne verwendbar sind, bevor die Harze regeneriert werden müssen. Dies macht die Verwendung von Ionenaustauschpatronen oder -behältern möglich, die zu den Ionenaustauscheinrichtungen gebracht werden können, wobei die Regenerierung an dem auch für die früheren Lösungen schon vorgesehenen Ort vorgenommen wird. Man schließt auf diese Weise die Notwendigkeit schwieriger und kostspieliger chemischer Behandlungen vor Ort aus. Außerdem werden die mit der Entsorgung des konzentrierten Rückstandstromes am Ausgang der RO-Einheit verbundenen Probleme reduziert oder eliminiert, indem dieser Strom zur Speisung der Konzentrierungskammern, Entmineralisierungskammern und/oder Elektrodenkammern der ED-Einheit verwendet wird. Für eine mehr ins einzelne gehende Beschreibung der neuen Kombination von Elektrodialyse-/Umkehrosrosegeräten unter Verwendung einer Leitung zum Rückführen des konzentrierten Rückstandstromes aus der RO-Einrichtung in die ED-Einrichtung wird auf den folgenden Abschnitt verwiesen, welcher auf die Fig. 2 Bezug nimmt.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung

und der Zeichnung, auf die Bezug genommen wird und die ein Ausführungsbeispiel darstellen. Es zeigen:

Fig. 1 ein Flußdiagramm der Kombination von Elementen, die ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Reinigungsanlage enthält;

Fig. 2 in einem Querschnitt, eine schematische, ins einzelne gehende Darstellung der Kombination von Elektrodialyse und Umkehrosmose in der Reinigungsanlage der vorangehenden Figur.

In der Fig. 1 ist eine Wasserquelle 1 mit einer fakultativ einsetzbaren Vorfiltereinrichtung 2 verbunden, wobei zwischen einem Patronenfilter oder herkömmlichen, losen Filtermitteln mit einer Füllung von Aktivkohle, versilberter Aktivkohle, grobmaschiger Anionenaustauscherharze zum Absorbieren organischer Substanzen, "Scavenger"-Anionenaustauscherharze (Harzsorte Ambersorb der Firma Rohm & Haas) ausgewählt wird und die dazu dienen, eventuell vorhandene relativ große Schwebeteilchen abzufangen. Es versteht sich, daß der Vorfilter (ebenso wie alle anderen Elemente des Systems) je nach Erfordernissen geändert oder ganz fortgelassen werden kann. Wenn die Verwendung eines Vorfilters vorgesehen ist, dann ist es vorteilhaft, diese paarweise zu verwenden und so anzuschließen, daß sie hintereinander, parallel oder einzeln vom Wasser durchströmt werden können. Natürlich sind die unterschiedlichen, wahlweise starren oder flexiblen Rohre (beispielsweise für den Durchlauf in Reihe oder parallel, die Rückführung, die Versorgung und die Ableitung usw.), die zur Verbesserung der Flexibilität des Systems eingebaut werden können, vorliegend weder dargestellt noch beschrieben, da es sich um Lösungen handelt, die bei den Fachleuten auf diesem Gebiet weitgehend bekannt sind. Ebensovienig sind aus dem gleichen Grund die unterschiedlichen Komponenten dargestellt, die gemeinhin bei Anlagen für die Wasserbehandlung verwendet werden, wie beispielsweise Vorratsbehälter, Meßeinrichtungen für die elektrische Leitfähigkeit, Meßinstrumente, Durchflußanzeiger, Registriergeräte, Pumpen, Ventile usw. Anschließend wird das einer wahlweisen Vorfiltrierung unterzogene Wasser unter Druck in die Ultrafiltereinheit 3 mit Membranen mit einem Porendurchmesser zwischen 0,002 und 0,02 Mikron geleitet, um Kolloidteilchen und zurückgebliebene organische Substanzen abzuscheiden, oder einer Cross-Flow-Filtereinheit (FCF mit sich kreuzenden Strömen). Der Aufbau und die Funktion der UF-Einheiten und FCF-Einheiten sind auf diesem Gebiet bekannt. Eine UF-Einrichtung des Typs mit spiralförmiger Wicklung erhält man beispielsweise bei der Firma Osmonics Incorporated aus Minnetonka, Minnesota/USA. Im vorliegenden wird der Begriff "Ultrafiltration" oder "UF" auch für die "Cross-Flow-Filtration" oder "FCF" verwendet. Der darauffolgende Behandlungsschritt besteht aus der primären Entmineralisierung mittels einer oder mehrerer Elektrodialyseeinheiten 4, die dazu dienen, den Hauptteil der Elektrolyte niedrigen Molekulargewichtes aus dem Speisestrom 15 zu entfernen, welcher in die Entmineralisierungskammern der Elektrodialyseeinheit bzw. -einheiten eingeführt wird (ein ED-System oder EDI-System mit geeigneten Eigenschaften wird unter der Marke Aquamite vertrieben und kann bei der Firma Ionics Inc. in Watertown, Massachusetts/USA bezogen werden). Dieses System verwendet Membranbatterien oder -pakete, die aus abwechselnd angeordneten "anionischen" Membranen und "kationischen" Membranen gebildet sind und welche die Kammern begrenzen, in denen die Flüssigkeit zirkuliert: die ED-Systeme bzw.

EDI-Systeme dienen dazu, die ionisierten Verunreinigungen in der Lösung abzuscheiden. Die EDR-Einheit mit Inversion kann eine konstante Produktqualität mittels einer Umkehrung der Polarität des elektrischen Stromes durch die Batterie aufrechterhalten, wie dies im einzelnen in der US-Patentschrift 43 81 232 von D. Brown beschrieben ist. Das aus den ED/EDR-Batterien austretende Wasser 12 hat nicht nur einen erheblich reduzierten Mineralgehalt, sondern zeigt durch die Wirkung eines quasipolarisierenden Stromes auch einen bedeutenden Zuwachs des Säuregehaltes. Dieser Säuregehalt (vorzugsweise im Bereich eines pH-Wertes von 4 bis 6,8) stellt eine günstige Eigenschaft für Wasser mit einer Kalkhärte dar, welches mittels einer RO-Einrichtung 5 behandelt werden soll. Die Elektrodialysebehandlung erübrigt die Notwendigkeit, eine mineralische Säure von außen dem Wasserspeisestrom beizugeben. Das gesäuerte Wasser ist in der Lage, einer Verschmutzung der RO-Membrane vorzubeugen oder diese zu verringern und damit eine kontinuierliche Funktion des Systems zu gewährleisten. Außerdem erlaubt die Behandlung mittels einer RO-Einrichtung, Rückstände an Kolloiden, Bakterien und Elektrolyten abzuscheiden sowie gewisse in dem so behandelten Wasser gelöste organische Substanzen. Geeignete RO-Filter sind in handelsüblichen Abstufungen bei zahlreichen Lieferanten erhältlich. Der Salzurückstandstrom 13 am Ausgang der RO-Einheit 5 wird als Speiselösung den Konzentrationskammern, Entmineralisierungskammern und/oder Elektrodenkammern in der Elektrodialyseeinheit bzw. in den Elektrodialyseeinheiten über die Leitung 13 wieder zugeführt. Das Durchlaufprodukt 14 aus dem RO-Verfahren kann einer weiteren Reinigung mittels eines Ionenaustauscherharzes (IE) in der Form eines Doppel- oder Mischbettes 6 unterzogen werden, wodurch ein Abscheiden der anderen gelösten Mineralien erfolgt. Das Mischbett kann aus einem anionischen Harz vom Typ Amberlite 410 und einem kationischen Harz vom Typ Amberlite IR 120 gebildet sein (beides Produkte der Firma Rohm & Haas); man kann jedoch auch mit Erfolg andere Mischbettharze verwenden. Das Bett bzw. die Betten für den Ionenaustausch bewirken, daß die unerwünschten, noch in dem mittels der RO-Einrichtung behandelten Wasser verbliebenen Ionen eliminiert werden, wobei die Fachleute auf diesem Gebiet ein solches Verfahren kennen. Die Ionenaustauscherharze werden vorzugsweise nicht vor Ort regeneriert sondern durch Elemente ersetzt, die mit frischen Harzen gefüllt sind.

Im Anschluß daran läßt man das praktisch von seinem gesamten Gehalt an gelösten Feststoffen befreite Wasser durch eine Quelle 7 ultravioletter Strahlen oder von Ozon ( $O_3$ ) hindurchtreten, um alle oder fast alle lebenden Mikroorganismen abzutöten. Eine Wellenlänge von etwa 2537 Angstrom kann beinahe alle lebenden Organismen zerstören, die im Wasser noch verblieben sein können. Eine Desinfektionseinrichtung UV aus der Produktion der Firma U.V. Technology Incorporated (Kalifornien) hat sich als für diesen Zweck perfekt geeignet gezeigt. Wie die Fachleute auf diesem Gebiet ohne weiteres verstehen, hängt die erforderliche Menge der Ultraviolettstrahlung und/oder des Ozons natürlich im wesentlichen von dem Durchsatz des Systems und von anderen Faktoren ab. Bei diesem Punkt ist das Wasser bereits ausreichend sauber für den größten Teil der Anwendungen. Bei Bedarf kann jedoch die Reinigung bei fakultativer Verwendung eines oder mehrerer Mischbettes 8 mit Ultrareinigungsharzen, die ein zusätzliches Absorptionsharz und eine mikroporöse Endfilterpatro-

ne mit besonders kleinen Poren enthält, noch weiter getrieben werden. Es ist vorteilhaft, daß das so behandelte Wasser dann durch eine Einrichtung 10 zum Messen der elektrischen Leitfähigkeit geleitet wird, welche den elektrischen Widerstand des behandelten Wassers angibt und auf diese Weise die geforderte Reinheit für den jeweiligen Verbraucher 11 sicherstellt.

Ein Bett aus Aktivkohle oder besser aus versilberter Aktivkohle kann für die Abscheidung des organischen Kohlenstoffes anstelle des oder zusätzlich zum Mischbett 8 verwendet werden. Die Aktivkohle kann vorteilhafterweise in den RO-Modul gemäß der US-PS 47 35 717 integriert werden. Zusätzlich zur Meßeinrichtung für die elektrische Leitfähigkeit kann man Einrichtungen zum Analysieren des gesamten Kohlenstoffes oder des gesamten organischen Kohlenstoffes und/oder Zählrichtungen zum Zählen von Teilchen oder Bakterien einsetzen.

Fig. 2 zeigt schematisch eine Wasserquelle 1 für Wasser, welches als Zufluß 3 für die Entmineralisierungskammern 15 einer Elektrodialyseeinheit 4 (ED) gemäß der Fig. 1 verwendet wird, die gegebenenfalls auch als Elektrodialyseeinheit mit Umkehrung (EDR) oder als Elektrodialyseeinheit mit besetzten Zellen (EDI) ausgebildet ist.

Eine Einheit oder Batterie 4 zur Elektrodialyse (Fig. 2) besteht aus Elektrodenkammern 6, die an den beiden Enden der Batterie angeordnet sind und die jeweils Elektroden 7 bzw. 8 enthalten. In dem zwischen den beiden Elektroden angeordneten Teil befinden sich verschiedene Kammern, und zwar abwechselnd Entmineralisierungskammern 15 (Verdünnungskammern) sowie Konzentrierungskammern 9, die durch abwechselnd für Kationen bzw. Anionen durchlässige Membranen begrenzt sind. Diese Membranen begrenzen die Durchlaufkammern (von denen keine in der genannten Figur vollständig dargestellt ist).

Um die Membranen voneinander zu trennen und auf diese Weise abwechselnd Entmineralisierungskammern und Konzentrierungskammern zu schaffen, kann man Abstandselemente des in den US-Patentschriften 27 08 657 und 28 91 889 beschriebenen Typs oder als Netze ausgebildete Abstandselemente verwenden. Die Kombination, die aus einer Anionenaustauschmembran, aus einer Kationenaustauschmembran, einer Entmineralisierungskammer und einer Konzentrierungskammer besteht, bildet ein Zellenpaar. Zwischen einem Elektrodenpaar kann man Zellenpaare in beliebiger Anzahl anordnen, um eine Entmineralisierungsbatterie zu bilden, die in einer typischen Konfiguration 100 Zellenpaare oder mehr umfaßt. Systeme dieser Art sind im einzelnen in den US-Patentschriften 26 94 680, 27 52 306, 28 48 403, 28 91 899, 30 03 940, 33 41 441 und 34 12 006 beschrieben. Die Herstellung und die Eigenschaften der Selektivmembranen des in den Elektrodialysesystemen verwendeten Typs sind eingehend in den US-Patentschriften Re. 24 865, 27 30 768, 27 02 272, 27 31 411 und anderen beschrieben. Durch die Wirkung des elektrischen Potentials, welches an der Batterie anliegt, wandern die Kationen des Natriums, des Kalziums, des Magnesiums und anderer Stoffe, die eine positive Ladung haben, durch die kationischen Membranen und enden im Strom 10 der Rückstände oder des Konzentrates (Sole). In der gleichen Weise enden die negativ geladenen Teilchen des Chlorides, Sulfates, des Nitrates, des Bikarbonates und weitere Anionen im Abflußstrom 10, welcher durch die anionischen Membranen hindurchtritt. Wenn auch die oben genannten Ionen im wesentli-

chen die Hauptgruppe der unerwünschten Salze bilden, werden auch andere ionische Substanzen mit geringerem Molekulargewicht in analoger Weise abgeschieden oder können abgeschieden werden. Während der Funktion der Batterie zirkuliert im übrigen ein Elektrolystrom 22 im Kontakt mit der Elektrode 7 und ein ähnlicher Strom zirkuliert im Kontakt mit der Elektrode 6. Beim EDR-Prozeß (Elektrodialyse mit Umkehrung) wird die elektrische Polarität mit einer bei den Fachleuten dieses Gebietes bekannten Technik periodisch umgekehrt. Dadurch wird eine Umkehrung der Bewegungsrichtung der Ionen bewirkt, mit der Wirkung einer "elektrischen Spülung" auf die sich anlagernden Ionen und auf andere geladene Teilchen, die sich auf der Oberfläche der Membranen absetzen können. Es besteht auch die Möglichkeit, daß die Entmineralisierungskammern der Batterie 4 (ED) oder auch entweder die Entmineralisierungskammern oder die Konzentrierungskammern zu einem großen Teil mit Kugeln, Fasern, Geweben, Blättern usw. für den Ionenaustausch nachzufüllen, wie auf diesem Fachgebiet weitgehend bekannt ist. In der vorliegenden Beschreibung werden diese nachgefüllten ED-Batterien mit den entsprechenden Systemen und Prozessen jeweils als EDR-Batterien, EDR-Systeme und EDR-Prozesse bezeichnet. Wo man hier und in den Ansprüchen von "Elektrodialyse" oder "ED" spricht, will man sich auch auf die Elektrodialysevariante mit Umkehrung oder EDR sowie Elektrodialyse mit nachgefüllten Zellen oder EDI beziehen. Das teilweise entmineralisierte Wasser, welches sich im Ausfluß 13 sammelt, wird sodann von der Pumpe 16 mit hohem Druck als Speisestrom in eine Umkehrosmoseeinheit 5 eingeführt. Diese letztere besteht aus einer Umkehrosmosemembran 17, einer Ausflußleitung 18 für das Durchlaufprodukt und einer Ausflußleitung 19 für die Sole der Rückstände bzw. die Abfalllösung. In die Leitung 19 kann man ein Druckreduzierventil 20 einbauen, um den Druck des Stromes der konzentrierten Lösung am Ausgang der RO-Einheit zu reduzieren. Wenigstens ein Teil des Stromes der die Rückstände enthaltenden Sole (vorzugsweise jedoch der ganze Strom) wird über die Leitung 27 in den Rückführkreis 21 für die Sole geleitet, so daß sie mittels einer Rückföhrpumpe 24 über eine Zuföhrleitung 22 in die Elektrodenkammern 6 oder über die Zuföhrleitung 23 in die Konzentrierungskammern 9 zuröckgeföhrdert wird. Ein Teil der zuröckgeföhrten Sole 21 kann über das Ausflußventil 25 in die Leitung 29 entlassen werden. Alternativ oder in Ergänzung dazu wird ein Teil des Stromes der Rückstandssole 19 über die Leitung 28 und die Zuföhrleitung 3 in die Entmineralisierungskammern 15 geleitet. Die gewählten Modalitäten für die Verwendung des Solestromes 19 hängen von Funktionseinzelheiten des Systems ab. Wenn beispielsweise die Quelle 1 des zu behandelnden Wassers X ppm der TDS enthält und der Solestrom 19 eine wesentlich über X liegende Konzentration hat, ist es von Nutzen, daß der Strom 19 mit dem Strom 21 vereint wird. Wenn andererseits der Strom 19 eine Konzentration hat, die wesentlich unter X liegt, so kann es von Nutzen sein, ihn mit dem Strom 3 zu vereinen.

Wo hier und in den Ansprüchen von "Umkehrosmose" oder "RO" gesprochen wird, bezieht man sich auch auf die Hyperfiltrationsvarianten (IF) und die Nanofiltrationsvarianten (NF).

Ein wichtiger Teil der vorliegenden Erfindung wird dadurch gebildet, daß der Strom der Rückstandssole 19 aus der Umkehrosmose als Speisestrom für den Rückföhrkreis des Stromes konzentrierter Salzhaltigkeit 21

aus der Elektrodialyse genutzt wird, anstatt ihn direkt über die Leitung 26 in die Kanalisation zu leiten. Daraus resultiert ein Entmineralisierungssystem, welches wirkungsvoller und zuverlässiger ist und welches durch eine bessere Ergiebigkeit bezüglich der Produktion gereinigten Wassers charakterisiert ist.

Wenn das in der Fig. 2 dargestellte System einmal in die Anlage eingebaut ist, deren Flußdiagramm in Fig. 1 dargestellt ist, dann produziert es ultrareines Wasser (über 17 Megaohm/cm), ausgehend von einem leicht salzhaltigen Strom, wie er aus der Wasserleitung kommt (siehe die beschriebenen Beispiele); es kann jedoch auch in der in großen Zügen in Fig. 2 dargestellten Form zur Behandlung von Brackwasser oder Meerwasser verwendet werden, um ein Wasser mit reduzierten Salzgehalt zu erzeugen.

Das Verfahren und das System gemäß der vorliegenden Erfindung sind anhand der nachfolgenden, gegensätzlichen Beispiele näher erläutert. Das Beispiel 1 zeigt ein Wasserbehandlungssystem, in welchem der Strom der Rückstandssole aus der Umkehrosmose in die Kanalisation entlassen wird, wie es normalerweise bei den Verfahren gemäß den älteren Konzepten geschieht. Das Beispiel 2 zeigt hingegen ein verbessertes Verfahren und ein verbessertes System, bei denen erfindungsgegemäß der Strom der Rückstandssole aus der Umkehrinversion nicht abgelassen sondern erhalten und in die Elektrodialyseeinheit bzw. -batterie zurückgeleitet wird.

#### Beispiel 1

Das zu behandelnde Leitungswasser wird in das Reinigungssystem über ein Schließventil und ein Druckregelventil eingeleitet. Das Wasser hat einen pH-Wert von 8,1, eine Temperatur von 17,5°C und eine elektrische Leitfähigkeit von 500 Mikrosiemens/cm. Diese Werte entsprechen etwa 300 ppm an gelösten Salzen. Das Wasser wird mittels einer Pumpe unter Druck gesetzt und einer Ultrafiltrationseinrichtung des Typs mit spiralförmiger Wicklung zugeleitet, die Polysulfon-Membranen mit einem mittleren Molekulargewicht von etwa 50 000 Dalton aufweist. Das Durchlaufprodukt des Ultrafiltrationssystems (UF, etwa 31,9 m<sup>3</sup>/h) dient als Zustrom für eine Einheit für ein Elektrodialyseverfahren mit Umkehrung des Typs Aquamite X (Produkt der Fa. Ionics, Incorporated, Watertown, Massachusetts/USA), wovon etwa 28,4 m<sup>3</sup>/h den Entmineralisierungskammern (Entsalzungskammern) zufließen, während vom Rest 3,4 m<sup>3</sup>/h als Solerückmischung in die Konzentrierungskammern und 0,34 m<sup>3</sup>/h in die Elektrodenkammern fließen. Die Aquamite X-Anlage besteht aus drei in Reihe angeordneten Membranbatterien; sie verwendet Ionenaustauschmembrane mit den Abmessungen 18" · 14" · 0,020" und jede Batterie besteht aus 500 Paaren Entmineralisierungskammern sowie Konzentrierungskammern. Von der Gesamtmenge von 27,2 m<sup>3</sup>/h gereinigten Wassers am Ausgang der EDR-Einheit werden 0,6 m<sup>3</sup>/h in die Kanalisation entlassen (oder in die Sole und in die Elektrodenkammern zurückgeführt), da sie außerhalb der Norm liegen. Damit kommt die Nettoergiebigkeit der Einheit auf 26,7 m<sup>3</sup>/h des Produktes für die anschließende RO-Behandlung. Das aus der EDR-Einheit kommende Produkt hat eine elektrische Leitfähigkeit von etwa 60 Mikrosiemens/cm (entsprechend etwa 335 ppm an gelösten Salzen) sowie einen erhöhten Säuregehalt (pH-Wert von 5,5 bis 5,8). Das aus den Konzentrierungskammern fließende Produkt wird als Speisestrom für die gleichen Kammer zurückgeleitet;

gleichzeitig werden aus dem Rückführkreis der Sole 4,3 m<sup>3</sup>/h der Sole bzw. konzentrierten Lösung in die Kanalisation entlassen. Den gleichen Weg nehmen auch 0,34 m<sup>3</sup>/h des aus den Elektrodenkammern fließenden Produktes. Während des elektrischen Betriebes der EDR-Einheit tritt ein Teil des Wassers (ca. 0,9 m<sup>3</sup>/h) (als Hydratisierungswasser) zusammen mit den Ionen von den Entmineralisierungskammern in die Konzentrierungskammern durch die Membranen hindurch. Der Strom des gesäuerten, entmineralisierten Produktes, welcher aus der EDR-Behandlung hervorgeht, wird sodann unter Druck in die Umkehrosmoseeinheit geleitet, die vom Typ mit Hohlfasern und mit Membranen aus Zellulose-Triacetat ist. Die Umkehrosmoseeinheiten haben Membranen mit Poren von ungefähr 0,0005 Mikron und werden von der Fa. Dow Chemical Co. aus Midland, Michigan/USA geliefert. Das Durchlaufprodukt der RO-Einheit entspricht etwa 22,7 m<sup>3</sup>/h und hat eine elektrische Leitfähigkeit von etwa 2,0 Mikrosiemens/cm (ca. 1 ppm TDS) sowie eine Temperatur von 19,4°C. Der Strom der Rückstände aus der RO-Einrichtung (3,97 m<sup>3</sup>/h) hat eine elektrische Leitfähigkeit von etwa 65 µS/cm und wird in die Kanalisation geleitet. Das erzeugte Wasser wird einer weiteren Behandlung unterzogen, wobei es durch zwei hintereinander angeordnete Batterien von Ionenaustauscherzylindern hindurchtritt, wobei jede dieser Batterien aus acht parallel gespeisten Zylindern besteht. Jeder Zylinder enthält 100 l an Ionenaustauschermischharzen, genauer 60 l anionische Harze A 101D in der Form OH<sup>-</sup> und 40 l kationischer Harze C 20 H in der Form H<sup>+</sup>. Diese Harze werden von der Firma Rohm & Haas Co. geliefert. Der gesamte Ausfluß nach der Ionenaustauscherbehandlung (22,7 m<sup>3</sup>/h) hat einen praktisch neutralen pH-Wert und einen endgültigen Widerstand von 17,8 Megaohm/cm. Er wird vorzugsweise einer Ultraviolettstrahlung unterzogen, um praktisch alle lebenden Organismen zu zerstören, bevor er entlassen und schließlich vom Benutzer gebraucht wird. Die Einrichtung für die UV-Behandlung ist auf einfache Weise erhältlich; ein Typ, welcher von der Fa. Aquafine Corp. aus Valencia, Kalifornien/USA geliefert werden kann, ist ohne weiteres für diese Anwendung geeignet.

Das ist das, was höchstens erreichbar ist. Wie man sieht, erhält man ausgehend von 31,9 m<sup>3</sup>/h des UFDurchlaufproduktes 22,7 m<sup>3</sup>/h gereinigtes Wasser als Endprodukt mit einer relativ niedrigen Wasserergiebigkeit von 71,2%.

#### Beispiel 2

In diesem zweiten Beispiel wird der Hauptgedanke der Erfindung genutzt, der darin besteht, den Strom der Rückstandslauge aus der RO-Einrichtung als Speisestrom für die Konzentrierungskammern und für die Elektrodenkammern der EDR-Einheit zu nutzen, womit man eine wesentliche Verbesserung der Wasserergiebigkeit erhält (80,6%, mit einer Reduzierung des Verlustes durch direkte Abwasserabgabe um ein Drittel). Im vorliegenden Fall geht man von einem Durchlaufprodukt der UF-Einrichtung von 28,1 m<sup>3</sup>/h als Speisestrom für die Entmineralisierungskammern aus. Das UFDurchlaufprodukt wird nicht direkt in die Konzentrierungskammern oder in die Elektrodenkammern eingeführt wie im zuvor beschriebenen Fall. Die 3,97 m<sup>3</sup>/h der Rückstandslösung mit einem Widerstand von 65 µS/cm aus der RO-Einrichtung, die im Beispiel 1 in die Kanalisation entlassen wurden, werden hier zu 3,63 m<sup>3</sup>/h als



Speisestrom für den Rückführkreis der Sole und zu 0,34 m<sup>3</sup>/h als Speisung für die Elektrodenkammern verwendet. Das Endprodukt am Ausgang der RO-Einheit ergab 22,7 m<sup>3</sup>/h, ein Durchsatz, welcher einer Wassereergiebigkeit von 80,6% von den 28,1 m<sup>3</sup>/h des Anfangsvolumens des behandelten Wassers entspricht.

Alternativ dazu wird der Rückstand der RO-Einheit in die Entmineralisierungskammern der ED-Batterie eingespeist als Ersatz für 3,47 m<sup>3</sup> Zugaben. Das jenseits der Toleranzgrenze liegende Produkt wird gesammelt und in den Sole/Elektroden-Rückführkreis eingelassen als Ersatz für 0,57 m<sup>3</sup>/h Speisewasser. Die Ergiebigkeit an gereinigtem Wasser war etwa 81,4% und der Energieverbrauch in den ED-Batterien wurde um etwa 3,5% geringer.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß das Verfahren und die gemäß der vorliegenden Erfindung dazu bevorzugte Einrichtung auf einer Kombination der folgenden, nacheinander ablaufenden Behandlungsschritte basiert:

- a) Ultrafiltration oder Cross-Flow-Filtration als Vorbehandlung des Speisewassers zu dem Zweck, dieses für die folgenden Behandlungsschritte geeigneter zu machen;
- b) Elektrodialyse des vorgefilterten Wassers, um dessen Salzgehalt erheblich zu reduzieren und den Säuregehalt zu erhöhen (beispielsweise auf einen pH-Wert von 6,8), um es auf diese Weise für die RO-Behandlungsphase vorzubereiten;
- c) Umkehrosiose, um den Salzgehalt weiter zu verringern, wobei gleichzeitig der Strom der Rückstände der Sole zum Wiedereinspeisen in die ED-Einheiten verwendet wird, vorzugsweise gefolgt von anschließenden Zusatzbehandlungsschritten;
- d) Ionenaustausch (vorzugsweise mit tragbaren Einheiten), um den Gehalt an mineralischen Verunreinigungen noch weiter zu verringern;
- e) Desinfektionsbehandlung durch UV-Strahlung oder mittels Ozon, um die Bakterien zu zerstören.

Die einzelnen Behandlungsschritte gemäß der vorliegenden Erfindung (Ultrafiltration bzw. Cross-Flow-Filtration, Elektrodialyse und Umkehrosiose) sind jeweils für sich dem Fachmann dieses Gebietes bekannt. Man sieht jedoch, daß infolge der Kombination ID + RO (Integrierung der neuen Lösung, die aus der oben beschriebenen Rückführung des Stromes der konzentrierten Lösung am Ausgang der RO-Einheit besteht) man einen Synergieeffekt erzeugt, d. h. die Verbesserungen des Gesamtprozesses steigern sich in einem unvorhersehbaren Maße und infolgedessen wird das eigentliche Verfahren extrem gewinnbringend (insbesondere als Wasserbehandlungssystem, welches auf einer mobilen Einheit montiert ist), wenn es sich darum handelt, entsalztes und/oder ultrareines Wasser zu gewinnen, ohne daß man dem Wasser vor dem Umkehrosioseschritt chemische Substanzen von außen zugeben muß; außerdem spart man wertvolles Speisewasser und man reduziert das Volumen zu entsorgender Abfälle.

Die vorangehende Beschreibung zeigt repräsentative und bevorzugte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung.

Bei den beigegeführten Patentansprüchen, in denen die verschiedenen Elemente des Verfahrens und der Einrichtung allgemein beansprucht werden, versteht es sich, daß diese Ansprüche die entsprechenden, zuvor beschriebenen Elemente umfassen sowie entsprechende

Äquivalente. Es versteht sich, daß die Ansprüche die Erfindung allgemein und speziell umfassen und definieren, während die Beschreibung der Erläuterung dient; die Erfindung muß mit dem gesamten Gehalt der Patentansprüche im Zusammenhang gesehen werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Reinigen von Wasser, dadurch gekennzeichnet, daß eine Elektrodialyseeinheit (ED) in Kombination mit einer Umkehrosioseeinheit (RO) verwendet wird, wobei die Elektrodialyseeinheit (ED) ein oder mehrere Paare von Entmineralisierungs- und Konzentrierungskammern vorsieht, die durch für Anionen bzw. Kationen durchlässige Membranen begrenzt sind, daß diese Kammern zwischen einem Paar von Elektrodenkammern angeordnet sind, die ihrerseits an den Enden angeordnet sind, wobei darüberhinaus ein Durchlauf von Speisewasser durch die Entmineralisierungskammern vorgesehen ist, während ein elektrischer Gleichstrom zwischen dem genannten Elektrodenpaar angelegt ist, wodurch der Salzgehalt der Speiselösung (15) reduziert und ein Übertritt von Salz von den Entmineralisierungskammern zu den Konzentrierungskammern verursacht wird, wonach die Absonderung des teilweise gelösten Ausflusses (12) aus der Elektrodialyseeinheit (ED) und dessen Übertritt unter Druck zum Eingang einer Membraneinheit folgen, die das Prinzip der Umkehrosiose (RO) verwendet und von deren einem Ausgang (14) man eine bereits weitgehend entsalzte Durchlaufflüssigkeit entnimmt, die durch die Umkehrosiosmembran hindurchgetreten ist, während man einem anderen Ausgang (13) derselben eine Flüssigkeit mit einem konzentrierten Rückstand entnimmt, die nicht durch die Umkehrosiosmembran hindurchgetreten ist, worauf wenigstens ein Teil dieser letzteren Flüssigkeit als Speisestrom (13) in die genannte Elektrodialyseeinheit (ED) zurückgeführt wird (Fig. 1).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit (13) mit den Salzrückständen kontinuierlich in ein Ringleitungssystem zurückgeführt wird, welches die Konzentrierungskammern der Elektrodialyseeinheit (ED) enthält, bei gleichzeitiger Entnahme bzw. gleichzeitigem Ablassen eines Teils der zurückgeführten Sole aus der Elektrodialyseeinheit (ED).

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zurückgeführte Sole (13) als Zufluß in wenigstens eine der Elektrodenkammern geleitet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Wasser einer Ultrafiltration (UF) oder Cross-Flow-Filtration (CFF) unterworfen wird, bevor man zum Verfahrensschritt der Elektrodialyse (ED) übergeht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodialysebehandlung (ED) unter praktisch polarisierenden Bedingungen erfolgt, um das teilweise entsalzte Produkt, welches aus den Entmineralisierungskammern der Elektrodialyseeinheit (ED) austritt, zu säuern.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das teilweise entsalzte Produkt mittels Elektrodialyse (ED) bis zu einem pH-Wert von

etwa 4 bis 6,8 gesäuert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß im Anschluß an den Verfahrensschritt der Umkehrosmose (RO) das Durchlaufprodukt einer weiteren Behandlung mittels eines Ionenaustausches (IE) unterworfen wird, um alle oder fast alle in der Lösung verbliebenen Ionen daraus abzuscheiden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das mittels der Ionenaustauschbehandlung (IE) produzierte Wasser zum Zerstören der biologischen Verunreinigungen einer Sterilisierung unterworfen wird, indem es Ozon ( $O_3$ ) in geeigneter Konzentration oder ultravioletten Strahlen (UV) in geeigneter Intensität ausgesetzt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das mittels der Ionenaustauschbehandlung (IE) produzierte Wasser einer endgültigen Ultrareinigungsbehandlung unterworfen wird, um ein Wasser als Produkt zu gewinnen, welches einen elektrischen Widerstand hat, der größer als etwa 17 Megaohm/cm bei einer Temperatur von 25°C ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß es in einem transportablen Container durchgeführt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarität des Gleichstroms in regelmäßigen Intervallen umgekehrt wird bei gleichzeitiger Umkehrung der Zirkulationsrichtung in den Entmineralisierungskammern und Konzentrierungskammern.

12. Einrichtung zum Trennen von in einer wässrigen Lösung gelösten Salzen, dadurch gekennzeichnet, daß die Anlage eine Elektrodialyseeinheit (4) mit mehreren Kammern in Kombination mit einer Umkehrosmoseeinheit (5) umfaßt, wobei die Elektrodialyseeinheit (4) eine Vielzahl von Kammern (7, 8, 9, 15) umfaßt, von denen die beiden Endkammern die Elektrodenkammern (7, 8) bilden und wobei zwischen diesen Elektrodenkammern (7, 8) abwechselnd Entmineralisierungskammern (15) und Konzentrierungskammern (9) angeordnet sind, die ebenfalls abwechselnd durch für die Kationen durchgängige und für die Anionen durchgängige Membranen begrenzt sind, daß außerdem Einleiteinrichtungen für die Zuführung der zulaufenden Lösung zu den Entmineralisierungskammern (15), den Konzentrierungskammern (9) und den Elektrodenkammern (7, 8) vorgesehen sind, ferner Ableiteinrichtungen für die Entnahme einer von diesen Kammern ablaufenden Lösung, ferner Einrichtungen für die Durchleitung eines Gleichstromes durch die Membranen und die genannten Kammern, sowie Einrichtungen (16), um wenigstens einen Teil der aus den Entmineralisierungskammern (15) austretenden Lösung unter Druck zu setzen, wobei die Umkehrosmoseeinheit (5) über Zuleiteinrichtungen (14) zum Aufnahmen des unter Druck gesetzten Ablaufstromes der genannten Entmineralisierungskammern (15) verfügt, ferner über Ableiteinrichtungen (18) für die Entnahme des Durchlaufproduktes von der Umkehrosmosemembran und Ableiteinrichtungen (19) für die Abtrennung des Stromes der unter Druck gesetzten Rückstände, und daß die Anlage weitere Einrichtungen (27, 21) für die Rückführung wenigstens eines Teils dieses Stromes der Rückstände als Teils des Speise-

stromes für die Elektrodialyseeinheit (4) umfaßt (Fig. 2).

13. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen (27, 21) zum Leiten wenigstens eines Teils des Rückständestromes als Speisezustrom in die Elektrodenkammern (7, 8) in der Elektrodialyseeinheit (4) vorgesehen sind.

14. Einrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen (23) zum Rückführen der Lösung durch die Konzentrierungskammern (9) vorgesehen sind, sowie Einrichtungen (29) für die Entnahme eines Teils dieser Lösung zum Ablassen in die Kanalisation.

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die wäßrige Lösung einer Behandlung mittels Ultrafiltrationseinrichtungen unterzogen wird, die stromaufwärts der Elektrodialyseeinheit (4) angeordnet ist.

16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen vorgesehen sind, die bewirken, daß die Elektrodialyseeinheit (4) unter praktisch polarisierenden Bedingungen arbeitet.

17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß stromaufwärts der Umkehrosmoseeinheit (5) und in Reihe mit den entsprechenden Ableiteinrichtungen (18) zum Entnehmen des Durchlaufproduktes ein Ionenaustauschsystem mit Mischbett angeordnet ist.

18. Einrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß hinter der Umkehrosmoseeinheit (5) und in Reihe mit den entsprechenden Ableiteinrichtungen (18) zum Entnehmen des Durchlaufproduktes ein Sterilisierungssystem angeordnet ist.

19. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, daß es in einem transportablen Container angeordnet ist.

20. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen zum Umkehren der Polarität des Gleichstromes in regelmäßigen Intervallen vorgesehen sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



— Leerseite —

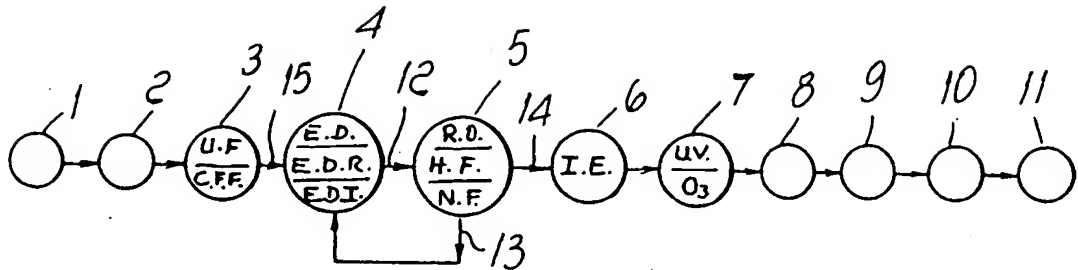


Fig. 1

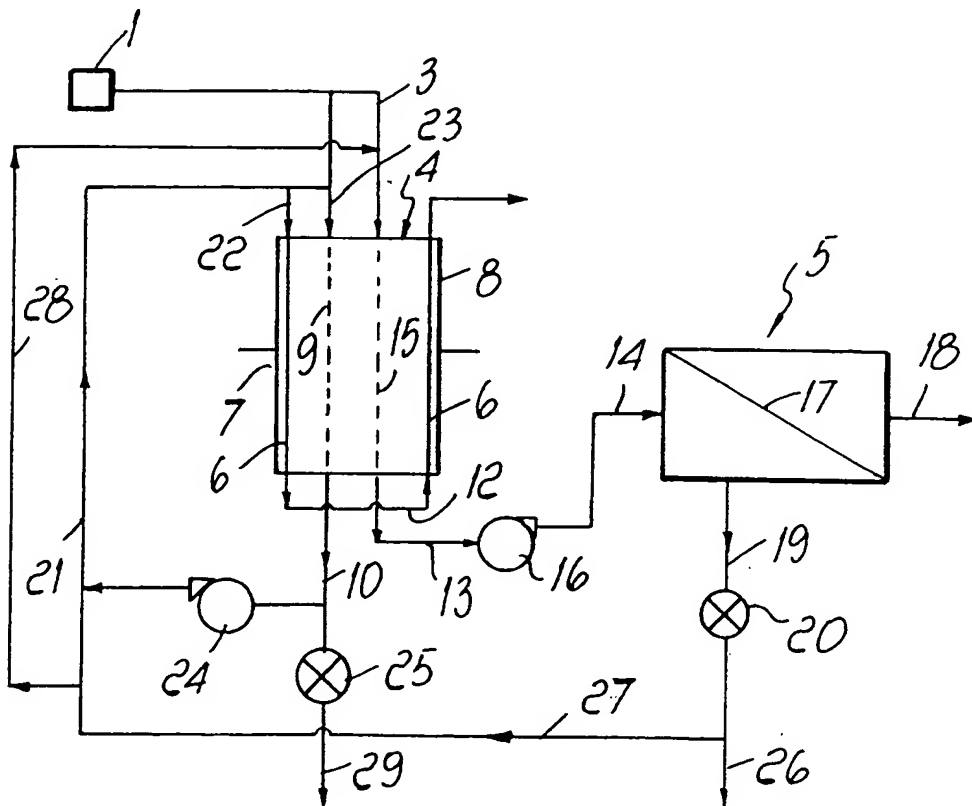


Fig. 2